

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de  
24/08/2023

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until  
August 24, 2023

**MELINA RODRIGUES ALVES CARNIETTO**

**AUMENTO DA TOLERÂNCIA DA CANA-DE-AÇÚCAR À DEFICIÊNCIA HÍDRICA  
POR MEIO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO VEGETAL**

**Botucatu**

**2022**



**MELINA RODRIGUES ALVES CARNIETTO**

**AUMENTO DA TOLERÂNCIA DA CANA-DE-AÇÚCAR À DEFICIÊNCIA HÍDRICA  
POR MEIO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO VEGETAL**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agricultura.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Almeida Silva

**Botucatu**

**2022**

C289a Carnietto, Melina Rodrigues Alves  
Aumento da tolerância da cana-de-açúcar à deficiência hídrica por meio de bactérias promotoras de crescimento vegetal / Melina Rodrigues Alves Carnietto. -- Botucatu, 2022  
122 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu  
Orientador: Marcelo de Almeida Silva

1. Saccharum spp.. 2. Déficit hídrico. 3. Inoculação de micro-organismos. 4. Tipos de solo. 5. Estresse. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:** AUMENTO DA TOLERÂNCIA DA CANA-DE-AÇÚCAR À DEFICIÊNCIA HÍDRICA POR MEIO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO VEGETAL

**AUTORA:** MELINA RODRIGUES ALVES CARNIETTO

**ORIENTADOR:** MARCELO DE ALMEIDA SILVA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. MARCELO DE ALMEIDA SILVA (Participação Virtual)  
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu UNESP

  
Profa. Dra. ELIZABETH ORIKA ONO (Participação Virtual)  
Departamento de Bioestatística, Biologia Vegetal, Parasitologia e Zoologia / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP

  
Prof. Dr. PAULO ALEXANDRE MONTEIRO DE FIGUEIREDO (Participação Virtual)  
Diretoria Geral da FCAT / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - UNESP

Botucatu, 24 de fevereiro de 2022



*Aos meus amados pais Renata e Eduardo,*

*por todo amor e dedicação que me deram*

*dedico*



## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo infinito e incondicional amor, que me sustentou com saúde e amparou minhas angústias.

Aos meus queridos pais, Eduardo Aparecido Carnietto e Renata Aparecida Rodrigues Alves Carnietto pela base que me deram, pelo amor, apoio e incentivo incondicional em toda minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo de Almeida Silva, por ter confiado em meu potencial, por todos ensinamentos, paciência, companheirismo em todos estes anos.

À Faculdade de Ciências Agronômicas, e ao Departamento de Produção Vegetal por ter me acolhido durante a minha formação e pela oportunidade de realizar o Mestrado.

A todo suporte recebido pelos funcionários do Departamento de Produção Vegetal.

Aos companheiros e amigos da pós graduação, em especial, Hariane Luiz Santos, Karolyne Silva, Gabriel Germino, Vicente Silva e Carol Ruv, os quais foram essenciais em todas as etapas do meu trabalho e por terem tornado tudo mais leve. Toda gratidão pelos ensinamentos, ajuda, amizade e por me amparem nos momentos mais difíceis.

Aos estagiários do Laboratório de Ecofisiologia Aplicada à Agricultura (LECA), em especial, Davi Sartori, Laura Galvão, Laura Sciencia, Bruno Berto e Isabeli Bottura, os quais me ajudaram muito em diversas etapas da realização do trabalho.

À minha irmã Maria Eduarda, por toda ajuda e por sempre tentar me animar.

Ao Daniel Menegon, pela amizade incontestável, apoio e por me socorrer em momentos que eu precisei.

Às minhas amigas Carol, Nathália, Nayara e Giovana por se fazerem presentes mesmo quando estive ausente.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001.

Agradecimento à CHR Hansen Holding A/S pelo financiamento da pesquisa.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para minha formação pessoal e acadêmica.



## RESUMO

Dentre os fatores que asseguram o bom desempenho para a cana-de-açúcar, está a absorção de umidade do solo, sendo que um dos principais problemas que afetam a cultura é o déficit hídrico na fase inicial do desenvolvimento. Atualmente o estudo do uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) tem apresentado bons resultados a fim de contornar esse problema, conferindo tolerância a estresses bióticos e abióticos, entre outros benefícios. Esse estudo se propôs a investigar os efeitos da deficiência hídrica em cana-de-açúcar discriminando as diferentes respostas biométricas, fisiológicas e bioquímicas da planta aos tratamentos sem e com inoculação de *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*. Foi conduzido um experimento em casa de vegetação utilizando a variedade RB855536, em dois tipos de solos, argiloso e arenoso, e dois regimes hídricos (com e sem déficit hídrico), e com e sem BPCV, com seis repetições, num delineamento fatorial em blocos inteiramente casualizados. As BPCV foram aplicadas nas gemas no momento do plantio e o déficit hídrico foi implementado dos 120 aos 135 dias após o plantio (DAP), seguido de reidratação. As avaliações biométricas, fisiológicas e coletas para análises bioquímicas foram realizadas em cinco épocas, dos 118 aos 147 DAP. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ). As BPCV influenciaram nas trocas gasosas e na densidade estomática, houve redução do conteúdo de pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar e ao final das avaliações o teor relativo de água foi superior em tratamentos inoculados. Houve ativação do sistema antioxidante aumentando a atividade da superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase, enquanto o conteúdo de prolina foi menor em tratamentos inoculados. As BPCV aumentaram as médias de parâmetros biométricos, como altura das plantas, diâmetro dos perfilhos, comprimento e largura das folhas +1 e +3, número de folhas e área foliar. A inoculação aumentou também, a massa de matéria seca da raiz (MSR) e a massa de matéria seca da parte aérea (MSPA). Observou-se também, redução da razão MSPA/MSR, incrementando o desenvolvimento do sistema radicular em relação a parte aérea. Os efeitos da inoculação foram benéficos em ambos os tipos de solo. A inoculação com *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis* aumentou a tolerância da cana-de-açúcar à deficiência hídrica por diversos mecanismos.

**Palavras-chave:** *Saccharum* spp.; déficit hídrico; inoculação de micro-organismos; tipos de solo



## ABSTRACT

Among the factors that ensure a good performance for sugarcane is the absorption of soil moisture, and one of the main problems that affect the culture is the water deficit in the initial phase of development. Currently, the study of the use of plant growth-promoting bacteria (PGPB) has shown good results in order to circumvent this problem, conferring tolerance to biotic and abiotic stresses, among other benefits. This study aimed to investigate the effects of water deficit in sugarcane, discriminating the different biometric, physiological and biochemical responses of the plant to treatments without and with inoculation of *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis*. An experiment was carried out in a greenhouse using the variety RB855536, in two types of soils, clayey and sandy, and two water regimes (with and without water deficit), and with and without PGPB, with six replications, in a block factorial design. entirely randomized. The PGPB were applied to the buds at the time of planting, the water deficit was implemented from 120 to 135 days after planting (DAP), followed by rehydration. Biometric and physiological assessments and collections for biochemical analyzes were performed at five times, from 118 to 147 DAP. Data were submitted to analysis of variance and means were compared by Tukey's test ( $P < 0.05$ ). The PGPB influenced gas exchange and stomatal density, there was a reduction in the content of photosynthetic pigments and leaf water potential, at the end of the evaluations the relative water content was higher in inoculated treatments. There was activation of the antioxidant system increasing the activity of superoxid dismutase (SOD), catalase (CAT) and ascorbate peroxidase (APX), the proline content was lower in inoculated treatments. The PGPB increased the averages of biometric parameters, such as plant height, tiller diameter, length and width of leaves +1 and +3, number of leaves and leaf area, inoculation increased the dry matter of roots (DMR) and dry matter of aerial part (DMAP), there was a decrease in the DMAP/DMR ratio, increasing the development of the root system in relation to the shoot. The inoculation effects were beneficial in both soil types. Inoculation with *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* increased the tolerance of sugarcane under water deficit by several mechanisms.

**Keywords:** *Saccharum* spp.; water deficit; inoculation of micro-organisms; soil types



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Temperatura máxima, média e mínima e umidade relativa do ar (%).....	39
Figura 2 - Disposição das gemas e aplicação das bactérias promotoras de crescimento vegetal no plantio .....	42
Figura 3 - Medidor portátil ProCheck.....	43
Figura 4 - Aspecto visual da densidade estomática da face abaxial das folhas de cana-de-açúcar cultivadas em solo argiloso, visualizados em microscópio, nas diferentes avaliações (118; 126; 140; 147 DAP). Sem inoculação e sem déficit hídrico (A); sem inoculação e com déficit hídrico (B); com inoculação e sem déficit hídrico (C) e com inoculação e com déficit hídrico (D) .....	64
Figura 5 - Aspecto visual da parte aérea da cana-de-açúcar em solo argiloso aos 147 DAP, comparando os tratamentos, em que: , T1: tratamento sem inoculação de Bacillus sp. e sem déficit hídrico; T2: tratamento sem inoculação de Bacillus sp. e com déficit hídrico; T3: tratamento com inoculação de Bacillus sp. e sem déficit hídrico; T4: tratamento com inoculação de Bacillus sp. e com déficit hídrico.....	85
Figura 6 - Aspecto visual da parte aérea da cana-de-açúcar em solo argiloso aos 147 DAP, comparando os tratamentos, em que: T2: tratamento sem inoculação de Bacillus sp. e com déficit hídrico; T4: tratamento com inoculação de Bacillus sp. e com déficit hídrico .....	86
Figura 7 - Comparação entre a matéria seca do sistema radicular da cana-de-açúcar em solo argiloso (A) e solo arenoso (B), em que, T1: tratamento sem inoculação de Bacillus sp. e sem déficit hídrico; T2: tratamento sem inoculação de Bacillus sp. e com déficit hídrico; T3: tratamento com inoculação de Bacillus sp. e sem déficit hídrico; T4: tratamento com inoculação de Bacillus sp. e com déficit hídrico.....	87
Figura 8 - Mapa comparativo mostrando cada variável avaliada com relação a ação hipotética dos isolados bacterianos em relação ao tratamento controle. Cores distintas representam diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ). Cor vermelha: menor ou igual o tratamento controle, sem inoculação, independentemente ao regime hídrico e tipo de solo. Cor verde: maior ou igual o tratamento inoculado, independentemente do regime hídrico e tipo de solo. Cor branca: não apresentou diferença significativa para o fator inoculação de Bacillus sp., mas pode ter apresentado interação entre regime hídrico e tipos de solo; X: não foi avaliado no ponto. ....	95



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise física do solo.....	41
Tabela 2 - Análise química básica do solo .....	41
Tabela 3 - Análise de micronutrientes .....	41
Tabela 4 - Desdobramento da interação entre aplicação de <i>Bacillus subtilis</i> e <i>B. licheniformis</i> (sem e com bactéria) e regime hídrico (sem e com déficit hídrico (DH)) e aplicação de <i>Bacillus</i> sp. e tipos de solo (argiloso e arenoso) das médias referentes a taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> (A) em cana de açúcar (126 e 133 DAP); interação entre regime hídrico e tipos de solo para A (133 DAP); desdobramento da interação entre aplicação de <i>Bacillus</i> sp. e tipos de solo e desdobramento da interação entre regime hídrico e tipos de solo para A (140 DAP) .....	51
Tabela 5 - Desdobramento da interação entre aplicação de micro-organismos e tipos de solo para resultados referentes a transpiração em cana de açúcar (126, 140 e 147 DAP); interação entre regime hídrico e tipos de solo (solo argiloso e solo arenoso) para as médias referentes a taxa de transpiração (133 DAP); desdobramento da interação entre aplicação de <i>Bacillus</i> sp e regime hídrico; desdobramento para interação entre tipos de solo e regime hídrico para a taxa de transpiração (147 DAP) .....	53
Tabela 6 - Desdobramento da interação entre os fatores: regime hídrico e tipos de solo para dados referentes a concentração interna de CO <sub>2</sub> (C <sub>i</sub> ) em cana de açúcar (118, 126 e 133 DAP); Desdobramento da interação entre aplicação de <i>Bacillus</i> sp. e tipos de solo para C <sub>i</sub> (126, 133 e 140 DAP); para C <sub>i</sub> (133 DAP); desdobramento da interação entre aplicação de <i>Bacillus</i> sp. e regime hídrico para a C <sub>i</sub> (140 DAP) .....	54
Tabela 7 - Desdobramento da interação entre os tratamentos com e sem aplicação de <i>Bacillus subtilis</i> e <i>B. licheniformis</i> e regime hídrico para a condutância estomática (g <sub>s</sub> ) em cana de açúcar (126, 133 e 147 DAP); desdobramento da interação entre aplicação de <i>Bacillus</i> sp. e tipos de solo para g <sub>s</sub> (126 e 147 DAP)desdobramento da interação entre regime hídrico e tipos de solo para g <sub>s</sub> (133 e 147 DAP) .....	56
Tabela 8 - Desdobramento da interação entre tipos de solo e regime hídrico para os teores de clorofila a (118; 126 DAP); interação entre aplicação <i>Bacillus</i> sp. e regime hídrico; regime hídrico e tipos de solo (133 DAP); regime hídrico e tipos de solo (140 DAP); interação entre aplicação de <i>Bacillus</i> sp. e tipos de solo (147 DAP) .....	58
Tabela 9 - Desdobramento das interações entre regime hídrico e tipos de solo (126 DAP); aplicação de <i>Bacillus</i> sp. e regime hídrico (133 DAP), regime hídrico e tipos de solo (140 DAP); interação entre inoculação de <i>Bacillus</i> sp. e tipos de solo, e regime hídrico e tipos de solo (147 DAP) para clorofila <i>b</i> .....	59
Tabela 10 - Desdobramento da interação entre aplicação de <i>Bacillus</i> sp. e tipos de solo (126 DAP); interação entre regime hídrico e aplicação de <i>Bacillus</i> sp., aplicação de <i>Bacillus</i> sp. e tipos de solo (133 DAP); interação entre regime hídrico e tipos de solo (140 DAP) e interação entre regime hídrico e <i>Bacillus</i> sp., <i>Bacillus</i> sp. e tipos de solo (147 DAP) para teores de carotenoides.....	60
Tabela 11 - Desdobramento da interação entre inoculação de <i>Bacillus</i> sp. e tipos de solo para o índice SPAD em cana de açúcar (126 e 133 DAP); desdobramento das	

interações com e sem aplicação de <i>Bacillus</i> sp. e regime hídrico (com e sem DH) para o índice SPAD (133 DAP) e desdobramento da interação entre regime hídrico e tipos de solo para as médias de Índice SPAD (133 e 140 DAP) .....	61
Tabela 12 - Desdobramento da interação entre aplicação <i>Bacillus</i> sp. e regime hídrico referente as médias de densidade estomática na face abaxial da folha de cana de açúcar (118, 126, 140 e 147 DAP); desdobramento da interação entre aplicação <i>Bacillus</i> sp. e tipos de solo e desdobramento da interação entre aplicação de <i>Bacillus</i> sp. e tipos de solo, referente as médias de densidade estomática na face abaxial da folha (147 DAP) .....	62
Tabela 13 - Desdobramento da interação entre aplicação de <i>Bacillus subtilis</i> e <i>B. licheniformis</i> e regime hídrico (126 e 140 DAP); inoculação de micro-organismos e tipos de solo para potencial hídrico foliar em cana de açúcar(126, 133 e 140 DAP); desdobramento da interação entre tipos de solo e regime hídrico para potencial hídrico foliar (133 e 140 DAP) .....	66
Tabela 14 - Desdobramento da interação entre regime hídrico (sem e com déficit hídrico) e tipos de solo (solo argiloso e solo arenoso) para teor relativo de água foliar (126, 133 e 140 DAP) .....	67
Tabela 15 - Desdobramento da interação entre aplicação de <i>Bacillus</i> sp. e tipos de solo para atividade da superóxido dismutase (SOD) em cana de açúcar (126 e 140 DAP); desdobramentos das interações entre todos os fatores referentes a atividade da SOD aos (133 DAP); desdobramento da interação entre regime hídrico e tipos de solo para atividade da SOD (140 DAP) .....	69
Tabela 16 - Desdobramento da interação entre aplicação de <i>Bacillus subtilis</i> e <i>B. licheniformis</i> e tipos de solo para a atividade da catalase (CAT) em cana de açúcar (126, 133 e 140 DAP); desdobramento da interação regime hídrico (sem e com DH) e tipos de solo para a atividade da CAT (126 e 140 DAP); desdobramento das interações entre inoculação de <i>Bacillus</i> sp. e regime hídrico para a atividade da CAT (133 DAP) .....	71
Tabela 17 - Desdobramento da interação entre aplicação de <i>Bacillus subtilis</i> e <i>B. licheniformis</i> e regime hídrico (sem e com DH) para atividade da ascorbato peroxidase (APX) em cana de açúcar (126 DAP); aplicação de micro-organismos e tipos de solo para atividade da APX (126, 133 e 140 DAP).....	73
Tabela 18 - Desdobramento da interação entre aplicação de <i>Bacillus</i> sp. e tipos de solo para teor de prolina em cana de açúcar (126, 133 e 140 DAP); desdobramento da interação entre regime hídrico e tipos de solo para prolina (126 e 133 DAP); desdobramento da interação entre aplicação de <i>Bacillus</i> sp. e regime hídrico (133 DAP) .....	74
Tabela 19 - Desdobramento da interação entre inoculação de micro-organismos e tipos de solo para número de perfilhos em cana de açúcar (133, 140 e 147 DAP); .	76
Tabela 20 - Desdobramento da interação entre inoculação de <i>Bacillus subtilis</i> e <i>B. licheniformis</i> e regime hídrico para altura dos perfilhos em cana-de-açúcar (140 DAP) .....	77

Tabela 21 - Desdobramento da interação entre inoculação de micro-organismos e regime hídrico referentes as médias do diâmetro de perfilhos de cana-de-açúcar (126 DAP).....	77
Tabela 22 - Desdobramento da interação entre inoculação de <i>Bacillus subtilis</i> e <i>B. licheniformis</i> e tipos de solo para comprimento da folha +1 de cana-de-açúcar (147 DAP).....	79
Tabela 23 - Desdobramento da interação entre inoculação de micro-organismos e tipos de solo para largura da folha +1, (133 e 140 DAP).....	80
Tabela 24 - Desdobramento da interação entre inoculação de micro-organismos e tipos de solo para comprimento da folha +3 para cana-de-açúcar (147 DAP) .....	81
Tabela 25 - Desdobramento da interação entre inoculação de micro-organismos e tipos de solo e, interação entre regime hídrico e tipos de solo para largura da folha +3 em cana-de-açúcar (133 DAP).....	81
Tabela 26 - Desdobramento da interação entre regime hídrico e tipos de solo para área foliar de cana-de-açúcar (126 DAP) e desdobramento da interação entre inoculação de <i>Bacillus subtilis</i> e <i>B. licheniformis</i> e tipos de solo para área foliar (133 DAP).....	83
Tabela 27 - Desdobramento da interação entre inoculação de <i>Bacillus subtilis</i> e <i>B. licheniformis</i> e tipos de solo para comprimento dos perfilhos em cana-de-açúcar (147 DAP).....	84
Tabela 28 - Desdobramento da interação entre aplicação de <i>Bacillus</i> sp. e tipos de solo na variável MSPA de cana-de-açúcar (147 DAP).....	85
Tabela 29 - Desdobramento da interação entre aplicação de micro-organismos e regime hídrico para a razão MSPA/MSR em cana-de-açúcar.....	87



## LISTA APÊNDICES

- APÊNDICE 1** – Análise de variância de parâmetros fisiológicos: taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*), taxa de transpiração (*E*) e condutância estomática (*g<sub>s</sub>*) em cana-de-açúcar sob diferentes tratamentos hídricos: sem déficit hídrico e com déficit hídrico; inoculados ou não inoculados com *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*; em dois tipos de solo, argiloso e arenoso. Aos 118, 126, 133, 140 e 147 DAP...111
- APÊNDICE 2** – Análise de variância dos pigmentos fotossintéticos: clorofila *a* (Chl *a*), clorofila *b* (Chl *b*), carotenoides (Carot.) e índice SPAD em cana-de-açúcar sob diferentes tratamentos hídricos: sem déficit hídrico e com déficit hídrico; inoculados ou não inoculados com *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*; em dois tipos de solo, argiloso e arenoso. Aos 118, 126, 133, 140 e 147 DAP.....112
- APÊNDICE 3** – Análise de variância da densidade estomática abaxial (ABA) e adaxial (ADA) em cana-de-açúcar sob diferentes tratamentos hídricos: sem déficit hídrico e com déficit hídrico; inoculados ou não inoculados com *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*; em dois tipos de solo, argiloso e arenoso. Aos 118, 126, 133, 140 e 147 DAP.....113
- APÊNDICE 4** – Análise de variância do potencial hídrico foliar e do teor relativo de água na folha de cana-de-açúcar sob diferentes tratamentos hídricos: sem déficit hídrico e com déficit hídrico; inoculados ou não inoculados com *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*; em dois tipos de solo, argiloso e arenoso, aos 118, 126, 133, 140 e 147 DAP.....114
- APÊNDICE 5** – Análise de variância de parâmetros bioquímicos, enzima ascorbato peroxidase (APX); catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD) e osmoprotetor prolina em cana-de-açúcar sob diferentes tratamentos hídricos: sem déficit hídrico e com déficit hídrico; inoculados ou não

inoculados com *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*; em dois tipos de solo, argiloso e arenoso. Aos 118, 126, 133, 140 e 147 DAP) .....115

**APÊNDICE 6** – Análise de variância de parâmetros biométricos: número de hastes (Nº de hastes); altura dos perfilhos (Alt. dos perfilhos); diâmetro dos perfilhos; número de folhas (Nº de folhas); área foliar em cana-de-açúcar sob diferentes tratamentos hídricos: sem déficit hídrico e com déficit hídrico; inoculados ou não inoculados com *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*; em dois tipos de solo, argiloso e arenoso. Aos 118, 126, 133, 140 e 147 DAP.....116

**APÊNDICE 7** – Análise de variância dos parâmetros biométricos: comprimento da folha +1 (Comp. Folha +1); largura da folha +1 (Larg. Folha +1); comprimento da folha +3 (Comp. Folha +3); largura da folha +3 (Larg. Folha +3); comprimento das hastes (Comp. Das hastes) em cana-de-açúcar sob diferentes tratamentos hídricos: sem déficit hídrico e com déficit hídrico; inoculados ou não inoculados com *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*; em dois tipos de solo, argiloso e arenoso. Aos 118, 126, 133, 140 e 147 DAP.....117

**APÊNDICE 8** – Análise de variância da massa de matéria seca da raiz (MSR), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e razão MSPA/MSR em cana-de-açúcar sob diferentes tratamentos hídricos: sem déficit hídrico e com déficit hídrico; inoculados ou não inoculados com *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*; em dois tipos de solo, argiloso e arenoso. aos 147 DAP.....118

**APÊNDICE 9** – Aspecto visual do experimento com cana-de-açúcar no início do ciclo, cerca de 30 dias após o plantio, Botucatu-SP, 2019.....119

**APÊNDICE 10** – Vista parcial do experimento em casa de vegetação, Botucatu-SP, 2019.....119

**APÊNDICE 11** – Avaliação biométrica com fita métrica (A); avaliação biométrica da variável diâmetro da haste, com auxílio do paquímetro digital (B); Avaliação fisiológica utilizando o equipamento IRGA (C); Coleta da folha +1 para análises bioquímicas, utilizando embalagens de papel alumínio e acondicionando a folha em nitrogênio líquido, Botucatu-SP, 2019.....120

**APÊNDICE 12** – Avaliação do potencial hídrico foliar (A); pesagem dos discos foliares em balança analítica para obtenção do teor relativo de água (B); análises da densidade estomática em microscópio (C); aspecto visual da câmara do microscópio para quantificação da densidade estomática (D), Botucatu-SP, 2019.....121

**APÊNDICE 13** – 100 mg de folha +1 em cadinho de porcelana para preparo de soluções para posteriores análises bioquímicas (A); folha sendo macerada para preparo do extrato que será feita leitura de enzimas (B); preparo do extrato; diferença visual entre um extrato de uma folha hidratada e uma folha sob pico de estresse hídrico (D); curva padrão de prolina (E); preparo de extratos de prolina (F); curva padrão da proteína (G); atividade em laboratório, confecção de extratos para análises bioquímicas (H).....122



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Taxa fotossintética	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
O <sub>2</sub>	Oxigênio	
ABA	Abaxial, referente a densidade estomática	
ADA	Adaxial, referente a densidade estomática	
APX	Ascorbato peroxidase	U mg proteína <sup>-1</sup>
ATP	Adenosina trifosfato	
BPCV	Bactérias promotoras do crescimento vegetal	
CC	Capacidade de campo	
cm	centímetros	
C4	Metabolismo fotossintético que tem como primeiro produto estável da fotossíntese, um composto de 4 carbonos	
CAT	Catalase	
Ci	Concentração intracelular de CO <sub>2</sub>	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono	
CTC	Capacidade de troca catiônica	
DAP	Dias após o plantio	
E	Transpiração	$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético	
ERO	Espécie reativa de oxigênio	
FV	Fontes de variação	
gs	Condutância estomática	$\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de hidrogênio	
IRGA	Infrared gas analyzer – analisador de gás por infravermelho	
IRS	Indução da resistência sistêmica	
m	Metros	
mm	Milímetros	
M.O.	Matéria orgânica	
MPa	Mega Pascal	
MSPA	Massa de matéria seca da parte aérea	g
MSR	Massa de matéria seca da raiz	g
NADPH	Nicotinamida adenina dinucleótido fosfato	
O <sub>2</sub> <sup>o-</sup>	Íon superóxido	

OH <sup>•</sup>	Radical hidroxila	
P	Fósforo	
P5C	$\Delta^1$ -pirrolina-5-carboxilato	
PSII	Fotossistema II	
PVPP	Polivinilpolipirrolidona	
SOD	Superóxido dismutase	U mg proteína <sup>-1</sup>
SPAD	Soil Plant Analysis Development, indica o índice relativo de clorofila	
TRA	Teor relativo de água	

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>27</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>29</b>
2.1 A cultura da cana-de-açúcar .....	29
2.3 Déficit hídrico na cana-de-açúcar.....	31
2.4 Mecanismos fisiológicos, bioquímicos e biométricos .....	32
2.4.1 Pigmentos fotossintéticos .....	32
2.4.2 Densidade e condutância estomática .....	33
2.4.3 Potencial hídrico foliar .....	33
2.4.4 Teor relativo de água na folha .....	33
2.4.5 Atividade de enzimas antioxidantes e teor prolina sob déficit hídrico .....	33
2.4.6 Bactérias promotoras do crescimento vegetal .....	35
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>39</b>
3.1 Caracterização do local do experimento .....	39
3.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos .....	39
3.3 Tratamentos de regimes hídricos.....	42
3.4 Variáveis fisiológicas.....	43
3.4.1 Trocas gasosas .....	43
3.4.2 Pigmentos fotossintéticos .....	44
3.4.3 Índice SPAD.....	44
3.4.4 Densidade estomática .....	44
3.4.5 Potencial hídrico .....	45
3.4.6 Teor relativo de água .....	45
3.5 Variáveis bioquímicas .....	46
3.6 Variáveis biométricas .....	48
3.7 Variáveis de produção de massa de matéria seca.....	48
3.8 Análise estatística.....	49
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>50</b>
4.1 Trocas gasosas.....	50
4.2 Pigmentos fotossintéticos e Índice SPAD .....	57
4.3 Densidade estomática .....	61
4.4 Potencial hídrico foliar e teor relativo de água.....	64
4.5 Variáveis bioquímicas .....	67
4.6 Variáveis biométricas .....	75
4 Variáveis de produção de biomassa .....	84
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	<b>88</b>
5.1 Considerações finais .....	94
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>96</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>97</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>111</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) do mundo (CONAB, 2021) e essa cultura gera diversos empregos diretos e indiretos, contribuindo de forma significativa para a macroeconomia nacional, com centenas de subprodutos, sendo que se destaca como uma ótima fonte de energia renovável nas formas de energia da biomassa e cogeração de energia elétrica.

Além da produção de açúcar, energia, biogás, biofertilizante, plástico, produtos utilizados na indústria automobilística, alimentícia, farmacêutica e de cosméticos, a cana-de-açúcar é uma excelente opção à produção de combustíveis renováveis, direcionando a substituição e redução do consumo de combustíveis fósseis, mais sustentável e menos agressivo ao ambiente (RODRIGUES et al., 2018).

Há necessidade de aumentar a produtividade da cana-de-açúcar, o que é possível quando se conhece o ciclo fenológico da cultura e a interação dos fatores ambientais atuando na fisiologia na planta e possibilitando realizar um manejo adequado.

Um dos principais problemas que impactam a cultura é o déficit hídrico na fase inicial do desenvolvimento da planta, sendo responsável por reduzir o crescimento e a produção vegetal, o que afeta diretamente a geração de produtos e empregos (SANTOS; CARLESSO, 1998).

A condição de déficit hídrico é um fator de estresse abiótico muito comum, que promove a alteração de vários aspectos fisiológicos, bioquímicos e biométricos nas plantas (GRAÇA et al., 2010; PINCELLI; SILVA, 2012; BOARETTO et al., 2014). A capacidade de superar as condições de estresse é determinante na sobrevivência das plantas e na produtividade da cultura (LARCHER; 2006).

A evolução da deficiência hídrica da cana-de-açúcar está relacionada com o desenvolvimento do sistema radicular, uma planta com sistema radicular bem desenvolvido se destaca na absorção de umidade do solo. Atualmente, o estudo com o uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) tem apresentado bons resultados a fim de contornar esse problema, conferindo tolerância a estresses bióticos e abióticos, modulando a resposta das plantas aos hormônios vegetais, atuando na solubilização de fosfato, aumentando a atividade do sistema antioxidante, entre outros benefícios (AHEMAD; KIBRET, 2013; BACKER et al., 2018; MUSTAFA et al., 2019).

A finalidade inicial do uso das bactérias é controlar e prevenir doenças de plantas causadas por outros micro-organismos, principalmente nematoides, sendo que a espécie mais utilizada para esse fim é a *Bacillus subtilis* (NEIPP; BECKER, 1999; SAHARAN, 2011; ARAÚJO et al., 2012). Além da capacidade nematicida, a bactéria também atua como promotora do crescimento vegetal, sendo seu uso, uma boa estratégia a favor da agricultura sustentável (ICHIWAKI, 2012).

Desta forma, o presente estudo teve por objetivo avaliar por meio de respostas fisiológicas, bioquímicas e biométricas se plantas de cana-de-açúcar tem sua tolerância ao déficit hídrico aumentada após inoculação com bactérias promotoras do crescimento vegetal em dois tipos de solos, argiloso e arenoso.

## 6 CONCLUSÃO

A inoculação com *Bacillus subtilis* e *B. licheniformis* nas gemas no momento do plantio da cana-de-açúcar foi eficaz no aumento da tolerância a deficiência hídrica e na promoção do crescimento vegetal, mitigando os efeitos do estresse na fase inicial do ciclo da cultura, tanto no solo argiloso quanto no arenoso.

Os tratamentos inoculados responderam de modo rápido ao déficit hídrico, observou-se a redução da razão MSPA/MSR, houve ativação do sistema de defesa aumentando a atividade das enzimas antioxidantes SOD, APX e CAT e com a redução do estresse houve aumento do crescimento das plantas.

Variáveis biométricas como: altura das plantas, diâmetro dos colmos, número de folhas e área foliar foram aumentadas, não foram prejudicadas, indicando maior tolerância ao estresse.

A inoculação com *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis* afetou na transpiração, taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, concentração interna de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, pigmentos fotossintéticos e densidade estomática, esses mecanismos contribuíram durante o déficit e/ou após a reidratação, mitigando os efeitos do estresse e auxiliando a recuperação da planta.

## REFERÊNCIAS

ABRANS, M. C.; KLOEPPEL, B. D.; KUBISKE, M. E. Ecophysiological and morphological responses to shade and drought in two contrasting ecotypes of *Prunus serotina*. **Tree Physiology**, Victoria, v. 10, p. 343-355, 1992.

AGROLINK, **FMC apresenta portfólio inovador para cana-de-açúcar durante o Megacana Tech Show**. Campo Florido: AGROLINK & ASSESSORIA, 2019  
Disponível em: < [https://www.agrolink.com.br/noticias/fmc-apresenta-portfolio-inovador-para-cana-de-acucar-durante-o-megacana-tech-show\\_422731.html](https://www.agrolink.com.br/noticias/fmc-apresenta-portfolio-inovador-para-cana-de-acucar-durante-o-megacana-tech-show_422731.html) >  
Acesso em: 14 jan 2022.

AGUIAR, K. P. **Prospecção de bactérias promotoras do crescimento vegetal associadas a vermicompostos**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2012.

AHEMAD, M.; KIBRET, M. Recent trends in microbial biosorption of heavy metals: a review. **Biochemistry and Molecular Biology**, New York, v. 1, n. 1, p. 19-26, 2013.

AHEMAD, M.; KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. **Journal of King Saud University-Science**, Amsterdam, v. 26, n. 1, p. 1-20, 2014.

ALEXANDER, A. G. et al. **Sugarcane physiology, a comprehensive study of the Saccharum source-to-sink system**, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1973.

ANGULO, C.V.; SANFUENTES, E.A.; RODRÍGUEZ, F.; SOSSA, K.E. Caracterización de rhizobacterias promotoras de crecimiento en plántulas de *Eucalyptus nitens*. **Revista Argentina de Microbiología**, Buenos Aires, v.46, p.338-347, 2014.

ANJUM, S. A.; XIE, X.; WAN, L. C.; SALEEM, M. F.; MAN, C.; LEI, W. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal of Agricultural Research**, Ikeja, v. 6, n. 9, p. 2026-2032, 2011.

ANJUM, S. A.; ASHRAF, U.; TANVEER, M.; KHAN, I.; HUSSAIN, S.; SHAHZAD, B.; WANG, L. C. Drought induced changes in growth, osmolyte accumulation and antioxidant metabolism of three maize hybrids. **Frontiers In Plant Science**, Lausanne, v. 8, p. 1-12, 2017.

ARAÚJO, F.F.; BRAGANTE, R. J.; BRAGANTE, C. E. Controle genético, químico e biológico de meloidoginose na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 52-60, 2012.

BACKER, R.; ROKEM, J. S.; ILANGUMARAN, G.; LAMONT, J.; PRASLICKOVA, D.; RICCI, E.; SMITH, D. L. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of bioestimulants for

sustainable agricultura. **Frontiers in Plant Science**. Lausanne, v. 9, p. 9-1473, Out, 2018.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. **Jaboticabal, FCAV/UNESP**. 396p, 2015.

BARBOSA, M. R.; SILVA, M. M. D. A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, p. 453-460, 2014.

BATES L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 39, p. 205-207, 1973.

BECKERS, G. J. M.; JASKIEWICZ, M.; LIU, Y.; UNDERWOOD, W. R.; HE, S. Y.; ZHANG, S.; CONRATH, U. Mitogen-Activated Protein Kinases 3 and 6 Are Required for Full Priming of Stress Responses in *Arabidopsis thaliana*. **The Plant Cell**, Cary, v. 21, n. 3, p. 944–953, 2009.

BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; SANTOS, A. O Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 1531-1540, 2000.

BOARETTO, L. F.; CARVALHO, G.; BORGIO, L.; CRESTE, S.; LANDELL, M. G.; MAZZAFERA, P.; AZEVEDO, R. A. Water stress reveals differential antioxidant responses of tolerant and non-tolerant sugarcane genotypes. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 74, p. 165-175, 2014.

BOEGER, M. R. T.; WISNIEWSKI, C. Comparison of leaf morphology of tree species from three distinct successional stages of tropical rain forest (Atlantic Forest) in Southern Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, Heidelberg, v. 26, p. 61-72, 2003.

BOWLER, C.; VAN MONTAGU, M.; INZÉ, D. Superoxide dismutase and stress tolerance, **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 43, n. 1, p. 83-116, 1992.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 72, p. 248-254, 1976.

BRANDI, F.; HECK, D. W.; FERREIRA, T. C.; BETTIOL, W. Commercial formulations of *Bacillus spp.* for sugarcane pineapple disease control and growth promotion. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v. 53, n. 12, p. 1311-1319, Dec, 2018. DOI: 10.1590/S0100-204X2018001200003. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2018001201311&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2018001201311&script=sci_abstract&tlng=pt)> Acesso em: 14 jan 2022.

CAMEHL, I.; SHERAMETI, I.; VENUS, Y.; BETHKE, G.; VARMA, A.; LEE, J.; OELMÜLLER, R. Ethylene signalling and ethylene-targeted transcription factors are required to balance beneficial and nonbeneficial traits in the symbiosis between the

endophytic fungus *Piriformospora indica* and *Arabidopsis thaliana*. **New Phytologist**, Chichester, v. 185, n. 4, p. 1062–1073, 2010.

CAMPOS, J.T. DE. (2010). **Rizobactérias promotoras do crescimento de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado). Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, SP, Brasil, 2010.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (Ed.) **Ecofisiologia de culturas extrativas. Cana-de-açúcar, seringueira, coqueiro, dendezeiro e oliveira**. Cosmópolis: Stoller do Brasil. p. 138., 2001.

CRUZ DE CARVALHO, M. H. Drought stress and reactive oxygen species: production, scavenging and signaling. **Plant Signaling & Behavior**, Philadelphia, v.3, n. 3, p. 156-165, 2008.

CARVALHO, F. E. L.; RIBEIRO, C. W.; MARTINS, M. O.; BONIFACIO, A.; STAATS, C. C.; ANDRADE, C. M.; SILVEIRA, J. A. Cytosolic APX knockdown rice plants sustain photosynthesis by regulation of protein expression related to photochemistry, Calvin cycle and photorespiration. **Physiologia Plantarum**, Blacksburg, v.150, n. 4, p. 632-645, 2014

CENTENO, L. N.; GUEVARA, M. D. F.; CECCONELLO, S. T.; DE SOUSA, R. O.; TIMM, L. C. Textura do solo: Conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 31-37, 2017.

COMPANT, S.; CLÉMENT, C.; SESSITSCH, A. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: Their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 42, n. 5, p. 669–678, 2010.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira. Cana, v. 7 – Safra 2020/21, n. 4 - Quarto levantamento. Brasília, p. 1-57, Janeiro 2022.

CONN, K. L., LAZAROVITS, G., NOWAK, J. A gnotobiotic bioassay for studying interactions between potatoes and plant growth-promoting rhizobacteria. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 43, n. 9, p. 801-808, 1997.

COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, p. 229-234, 2007.

COUTINHO, B. G.; LICASTRO, D.; MENDONÇA-PREVIATO, L.; CÂMARA, M.; VENTURI, V. Plant-influenced gene expression in the rice endophyte *Burkholderia kururiensis* M130. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, St. Paul, v. 28, n. 1, p. 10-21, 2015

DE LIMA, B. C.; MORO, A. L.; SANTOS, A. C. P.; BONIFACIO, A.; ARAUJO, A. S. F.; DE ARAUJO, F. F. *Bacillus subtilis* ameliorates water stress tolerance in maize and common bean. **Journal of Plant Interactions**, Oxfordshire, v. 14, n. 1, p. 432-439, 2019.

DE SÁ, M. N. F.; DE SOUZA LIMA, J.; DE JESUS, F. N.; PEREZ, J. O.; GAVA, C. A. T. Efeito de *Bacillus* sp. e *Trichoderma* sp. no crescimento micelial de *Sclerotium rolfsii*. **Acta Brasiliensis**, Campina Grande, v. 3, n. 2, p. 79-81, 2019.

DEMIDCHIK, V. Reactive oxygen species and their role in plant oxidative stress. In: Shabala, S. (Ed.). **Plant Stress Physiology**, Namakkal, Boston, v.2, p. 64-96, 2017.

DONAGEMMA, G. K.; FREITAS, P. L. D.; BALIEIRO, F. D. C.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; BORTOLON, L. Characterization, agricultural potential, and perspectives for the management of light soils in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, p. 1003-1020, 2016.

DURING, H.; ALLEWELDT, G. Der jahrengang abscisinsäure in vegetativen Organen von Reben. **Vitis**, Siebeldingen. v. 12, p. 26-32, 1973.

EL ZAHAR HAICHAR, F.; SANTAELLA, C.; HEULIN, T.; ACHOUAK, W. Root exudates mediated interactions belowground. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 77, p. 69-80, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília, DF: EMBRAPA. 2006.306 p.

EVANS, J. R. Leaf anatomy enables more equal access to light and CO<sub>2</sub> between chloroplasts. **The New Phytologist**, Chichester, v. 143, n. 1, p. 93-104, 1999.

FERREIRA, N. C.; MAZZUCHELLI, R. D. C. L.; PACHECO, A. C.; ARAUJO, F. F. D.; ANTUNES, J. E. L.; ARAUJO, A. S. F. D. *Bacillus subtilis* improves maize tolerance to salinity. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 48, n. 8, 2018.

FERREIRA, T. ***Bacillus* spp. como agentes de controle de Thielaviopsis paradoxa e Fusarium verticillioides e promotores de crescimento de cana-de-açúcar e milho**. 2018. Tese (Doutorado em Agronomia – Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

FICHMAN, Y.; GERDES, S. Y.; KOVÁCS, H., SZABADOS, L., ZILBERSTEIN, A.; CSONKA, L. N. Evolution of proline biosynthesis: enzymology, bioinformatics, genetics, and transcriptional regulation. **Biological Reviews**, Chichester, v. 90, n. 4, p. 1065-1099, 2015.

FMC. **Quartzo: Registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA sob nº 00317**. Campinas – SP. 2020.

FRANKOWSKI, J.; LORITO, M.; SCALA, F.; SCHMID, R.; BERG, G.; BAHL, H. Purification and properties of two chitinolytic enzymes of *Serratia plymuthica* HRO-C48. **Archives of Microbiology**, Heidelberg, v. 176, n. 6, p. 421-426, 2001.

FREITAS, R. P. **Bactérias diazotróficas endofíticas associadas à cana-de-açúcar**. 2011. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical. Área de concentração: Gestão de Recursos Agroambientais–Microbiologia do Solo) - Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas–SP, 2011.

FREITAS-IÓRIO, R. F. **Interação de bactérias endofíticas e cana-de-açúcar: Efeitos na planta e nas comunidades microbianas rizosférica e endofítica**. Tese. (Doutorado em Gestão de Recursos Ambientais) - Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, 2016.

DE GARA, L.; LOCATO, V.; DIPIERRO, S.; DE PINTO, M. C. Redox homeostasis in plants. The challenge of living with endogenous oxygen production. **Respiratory Physiology and Neurobiology**, Victoria, v. 173, n. 31, p.13-19. 2010

DE SOUSA, C. C. M.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; CAVALCANTE, U. M. T.; PEREIRA FILHO, J. V. Estresse hídrica e seus efeitos no desenvolvimento inicial e atividade bioquímica em cana-de-açúcar com a dupla inoculação de *Meloidogyne incognita* e fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 4, p. 726, 2016.

GASCHO, G.J.; SHIH, S.F. Sugarcane. In: TEARE, I.D.; PEET, M.M. (Ed.) **Crop water relations**. New York: John Wiley, p.445-479, 1983.

GIANNOPOLITIS, C.N.; REIS, S.K. Superoxide dismutases. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, Rockville, v.59, n. 2, p.309-314, 1977.

GILL, S. S.; TUJELA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010.

GLICK, B.R. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. **Scientifica**, New York, v.18, e963401, 2012. doi: 10.6064/2012/963401.

GLICK, B. R. **Beneficial Plant-bacterial Interactions**. Heidelberg. Springer, 2015.

GRAÇA, J. P.; RODRIGUES, F. A.; FARIAS, J. R. B.; OLIVEIRA, M. C. N. D.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; ZINGARETTI, S. M. Physiological parameters in sugarcane cultivars submitted to water deficit. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Heidelberg, v. 22, n.3, p.189-197, 2010.

GRAY, E. J.; SMITH, D. L. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant bacterium signaling processes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 37, n. 3, p. 395-412, 2005.

GOWING, D.J.G., JONES, H.G., DAVIES, W.J. Xylem-transported abscisic acid: the relative importance of its mass and its concentration in the control of stomatal aperture. **Plant, Cell and Environment**, Chichester, v. 1, n. 4, p. 453-459, 1993.

GORAI, M.; HACHEF A.; NEFFATI, M. Differential responses in growth and water relationship of *Medicago sativa* (L.) cv. Gabès and *Astragalus gombiformis* (Pom.) under water-limited conditions. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, Abu Dhabi-Al Ain, n. 22, v. 1, p. 01-12, 2010.

GONÇALVES, E.R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V.; ENDRES, L.; BARBOSA, T. P.; DUARTE, W. D. G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedade de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 378-386, 2010.

GUAN, X. K.; SONG, L.; WANG, T. C.; TURNER, N. C.; LI, F. M. Effect of Drought on the Gas Exchange, Chlorophyll Fluorescence and Yield of Six Different-Era Spring Wheat Cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 201, n. 4, p. 253-266, 2015.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; OLIVEIRA, J. P. D.; RANGEL, P. H. N.; RODRIGUES, C. A. P. Sistema radicular do arroz de terras altas sob deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v. 41, n. 1, p. 126-134, 2011.

GUSAIN, Y. S.; SINGH, U. S.; SHARMA, A. K. Bacterial mediated amelioration of drought stress in drought tolerant and susceptible cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). **African Journal of Biotechnology**, Lagos, v. 14, n. 9, p. 764-773, 2015.

HAVIR, E. A.; MCHALE, N. A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant Physiology**, Rockville, v. 84, n. 2, p. 450-455, 1987.

HERMANN, E. R.; CÂMARA, G. M. S. Um método simples para estimar a área foliar da cana-de-açúcar. **Revista STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v. 17, n.1, p. 32-34, 1999.

HOU, X.; WANG, X. J.; SUN, Z. T.; ZHANG, Y.; YANG, M. T.; BAI, J. G. *Bacillus methylotrophicus* CSY-F1 alleviates drought stress in cucumber (*Cucumis sativus*) grown in soil with high ferulic acid levels. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 431, n.1, p. 89-105, 2018.

ICHIWAKI, S. **Efeitos da inoculação de *Enterobacter* sp. ICB481 sobre o crescimento e acúmulo de proteico em plântulas de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) submetidas a fertilização orgânica e convencional.** Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

JAMAUX, I.; STEINMETZ, A.; BELHASSEN, E. Looking for molecular and physiological markers of osmotic adjustment in sunflower. **New Phytologist**, Chichester, v.137, n.1, p.117-127, 1997.

- KANG, B. G.; KIM, W. T.; YUN, H. S.; CHANG, S. C. Use of plant growth-promoting rhizobacteria to control stress responses of plant roots. **Plant Biotechnology Reports**, Tokyo, v. 4, n. 3, p. 179-183, 2010.
- KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 21-29, 2015.
- KUNDAN, R., PANT, G., JADON, N., AND AGRAWAL, P. K. Plant growth promoting rhizobacteria: mechanism and current prospective. **Journal of Fertilizers & Pesticides**, Brussels, v. 6, n. 2, p. 9, 2015.
- LABANCA, E. R. G. **Impacto de bactérias promotoras de crescimento de plantas no microbioma radicular e na fisiologia da cana-de-açúcar em solo com excesso de alumínio**. Campinas, 2019, Tese (Doutorado em Gestão de Recursos Agroambientais) - Instituto Agronômico Campinas, 2019.
- LANDELL, MG DE A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P.; XAVIER, M. A.; ANJOS, I. D.; DINARDO-MIRANDA; L. L.; MIGUEL, P. E. M. Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas. Ribeirão Preto: **Instituto Agronômico de Campinas**, v. 17, 2012.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Editora RIMA, p. 531. 2006.
- LAZAROVITZ, G. e NOWAK, J. Rhizobacterium for improvement of plant growth and establishment. **Hortscience**, Alexandria, v. 32, n. 2, p. 188-192. 1997.
- LIM, J. H.; KIM, S. D. Induction of drought stress resistance by multi-functional PGPR *Bacillus licheniformis* K11 in Pepper. **The Plant Pathology Journal**. Daegu, v. 29. n. 2, p. 201-208, Mar, 2013. DOI: 10.5423/PPJ.SI.02.2013.0021. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25288947/>> Acesso em: 14 jan 2022.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophyll and carotenoids, the pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods Enzymology**, San Diego, v. 148, p. 331-382, 1997.
- LIU, S.; HAO, H.; LU, X.; ZHAO, X.; WANG, Y.; ZHANG, Y.; WANG, R. Transcriptome profiling of genes involved in induced systemic salt tolerance conferred by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 in *Arabidopsis thaliana*. **Scientific Reports**, London, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2017.
- LUGTENBERG, B.; KAMILOVA, F. Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria. **Annual review of Microbiology**, Palo Alto, v.63, p.541–56, 2009.
- MAGRO, F.J.; TAKAO, G.; CAMARGO, P. E.; TAKAMATSU, S. Y. **Biometria em cana-de-açúcar**. USP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2011.
- MAIA JÚNIOR, S. O. **Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar ao déficit hídrico: relações hídricas, trocas gasosas, fluorescência da clorofila e**

**metabolismo antioxidante.** Tese (Doutorado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, p. 168. 2017.

MAJUMDAR, R. K.; CHAKLADAR, B. P.; MUKHERJEE, S. K. Selection and classification of mango root stocks in the nursery stage. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 24, p.101-106, 1972.

MANOEL DA S., J.; CARVALHO DOS S., T. M.; SANTOS DE A., L.; COENTRO M., Y.; UBALDO L. DE O., J.; MESQUITA DA S., S. G.; DA ROCHA O. TEIXEIRA, R. Potential of the endophytic bacteria ('Herbaspirillum'spp. and 'Bacillus' spp.) to promote sugarcane growth. **Australian Journal of Crop Science**, Lismore, v. 9, n. 8, p. 754-760, 2015.

MAUCH-MANI, B.; BACCELLI, I.; LUNA, E.; FLORS, V. Defense Priming: An Adaptive Part of Induced Resistance. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 68, p. 485–512, 2017.

MAY, A.; RAMOS, N. P. Uso de gemas individualizadas de cana-de-açúcar para a produção de mudas. Jaguariúna: **Embrapa**, 2019. (Circular técnica, n. 19).

MEDEIROS, D. B.; SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; TEIXEIRA, M. M.; BUCKERIDGE, M. S. Physiological limitations in two sugarcane varieties under water suppression and after recovering. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, Heidelberg, v. 25, n. 3, p. 213-222, 2013.

MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; GOMES, M. de M. de A. Condutância estomática, transpiração e fotossíntese em laranjeira 'Valência' sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 29-34, 1999.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 59, p. 651-681, 2008

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 7, p. 405-410, 2002.

NADEEM, S.M.; ZAHIR, Z. A.; NAVEED, M.; ASGHAR, H. N.; ARSHAD, M. Rhizobacteria capable of producing ACC-deaminase may mitigate salt stress in wheat. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.74, p.533-542, 2010.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant Cell Physiology**, Oxford, v. 22, n. 5, p. 867-880, 1981.

NARULA, S.; ANAND, R. C.; DUDEJA, S. S.; PATHAK, D. V. Molecular diversity of root and nodule endophytic bacteria from field pea (*Pisum Sativum* L.). **Legume Research: An International Journal**, Karnal, v. 36, n. 4, 2013.

NEIPP, P.W., BECKER, J.O. Evaluation of Biocontrol Activity of Rhizobacteria from *Beta vulgaris* against *Heterodera schachtii*. **Journal of Nematology**, Ohio, v.31, n.1, p.54-61, 1999.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas à déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.13, n. 1, p.75-87, 2001.

O'DONNELL, P. J.; CALVERT, C.; ATZORN, R.; WASTERNAK, C. H. M. O.; LEYSER, H. M. O.; BOWLES, D. J. Ethylene as a signal mediating the wound response of tomato plants. **Science**, Washington, v. 274, n. 5294, p. 1914-1917, 1996.

OKU, S.; KOMATSU, A.; NAKASHIMADA, Y.; TAJIMA, T.; KATO, J. Identification of *Pseudomonas fluorescens* chemotaxis sensory proteins for malate, succinate, and fumarate, and their involvement in root colonization. **Microbes and Environments**, Bunkyo-ku, v. 29, n. 4, p. 413-419, 2014.

ORTOLANI FILHO, J. **Nutrição e adubação de cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: Instituto do Açúcar e Álcool/PLANALSUCAR, p. 389, 1983.

PACHECO, F.; LAZZARINI, L. E.; ALVARENGA, I. Metabolismo relacionado com a fisiologia dos estômatos. **Enciclopédia Biosfera**, Goiana, v. 18, n. 36, 2021.

PANDYA, M.; RAJPUT, M.; RAJKUMAR, S. Exploring plant growth promoting potential of non rhizobial root nodules endophytes of *Vigna radiata*. **Microbiology**, London, v. 84, n. 1, p. 80-89, 2015

PATTEN, C. L.; GLICK, B. R. Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 42, n. 3, p. 207-220, 1996.

PAULI, G. *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis* no controle de nematoides. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 15., 2017, Ribeirão Preto. Anais. Ribeirão Preto: Siconbiol, 2017. p. 85.

PIETERSE, C. M. J. Hormonal Modulation of Plant Immunity. **Annual Review of Cell and Developmental Biology**, Palo Alto, v. 28, p. 489–521, 2012.

PINCELLI, R.P.; SILVA, M. A. Alterações morfológicas foliares em cultivares de cana-de-açúcar em resposta à deficiência hídrica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 546-556, 2012.

RAE, A. L.; MERTINELLI, A. P.; DORNELAS, M. C. Anatomy and Morphology, Chapter 2, p 19-34. In: MOORE e BOTHA, 2014. **Sugarcane: Physiology, Biochemistry, and Functional Biology**, New Delhi, v.1, 2014.

RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997.

RAMAIAH, B.; NARASIMHA R.A.O., G.; PRASAD, G. Elimination of internodes in sugarcane seed piece. **Proceedings of International Society for Sugar Cane Technologists**, Berlin, v.1, p. 509-1, 1977.

RASHID, S.; CHARLES, T. C.; GLICK, B. R. Isolation and characterization of new plant growth-promoting bacterial endophytes. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 61, p. 217-224, 2012.

REDDY, A.R.; CHAITANYA, K.V.; VIVEKANANDAN, M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 161, n. 11, p. 1189-1202, 2004.

RHO, H.; HSIEH, M.; KANDEL, S. L.; CANTILLO, J.; DOTY, S. L.; KIM, S. H. Do Endophytes Promote Growth of Host Plants Under Stress? A Meta-Analysis on Plant Stress Mitigation by Endophytes. **Microbial Ecology**, New York, v. 75, p. 407–418, 2018.

RODRIGUES, J. D. et al. **Ecofisiologia da cana-de-açúcar**. 1ª Edição. São Paulo: Andrei, 2018. 177 p.

RUDRAPPA, T.; CZYMMEK, K. J.; PARE, P. W.; BAIS, H. P. Root-Secreted Malic Acid Recruits Beneficial Soil Bacteria. **Plant Physiology**, Rockville, v. 148, n. 3, p. 1547–1556, 2008.

SAHARAN, B. S.; RANGA, P. Enhanced decolourization of congo red dye under submerged fermentation (SMF) process by newly isolated *Bacillus subtilis* SPR42. **Journal of Applied and Natural Science**, Uttarkhand, v. 3, n. 1, p. 51-53, 2011.

SAINI, R.; DUDEJA, S. S.; GIRI, R.; KUMAR, V. Isolation, characterization, and evaluation of bacterial root and nodule endophytes from chickpea cultivated in Northern India. **Journal of Basic Microbiology**, Weinheim, v. 55, n. 1, p. 74-81, 2015.

SALES, C. R. G.; RIBEIRO, R. V.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, R. S.; DOVIS, V. L.; LAGÔA, A. M. M. A. Trocas gasosas e balanço de carboidratos em plantas de cana-de-açúcar sob condições de estresses radiculares. **Bragantia**, Campinas, v.71, n. 3, p. 319-327, 2012.

SANDHYA, V. S. K. Z.; ALI, S. Z.; GROVER, M.; REDDY, G.; VENKATESWARLU, B. Effect of plant growth promoting *Pseudomonas* spp. on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. **Plant Growth Regulation**, New York, v. 62, n. 1, p. 21-30, 2010.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**: Campina Grande, v. 2, n.3, p. 287-294, 1998.

SANTOYO, G.; MORENO-HAGELSIEB, G.; DEL CARMEN OROZCO-MOSQUEDA, M.; GLICK, B. R. Plant growth-promoting bacterial endophytes. **Microbiological Research**, Muenchen, v. 183, p.92-99, 2016.

SARAIVA, G. F. R.; ANDRADE, R. S.; SOUZA, G. M. Termografia por infravermelho como ferramenta de diagnóstico precoce de estresse hídrico severo em soja. **Agrarian Academy**, Goiana, v. 1, n. 02, p.158-169, 2014.

SCANDALIOS, J. G., Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 38, n. 7, p. 995–1014, 2005.

SCHOLANDER, P. F.; J HAMMEL, H.; HEMMINGSEN, E. A.; BRADSTREET, E. D. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Washington, v. 148, n. 3668, p. 339-46, 1965.

SHAHAROONA, B.; JAMRO, G. M.; ZAHIR, Z. A.; ARSHAD, M.; MEMON, K. S. Effectiveness of various *Pseudomonas* spp. and *Burkholderia caryophylli* containing ACC-deaminase for improving growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Microbiology and Biotechnology**, Seoul, v. 17, n. 8, p. 1300-1307, 2007.

SHARMA, P.; JHA, A. B.; DUBEY, R. S.; PESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, Oxford, 1-26, 2012.

SIDDIKEE, M. A.; GLICK, B. R.; CHAUHAN, P. S.; JONG YIM, W.; SA, T. Enhancement of growth and salt tolerance of red pepper seedlings (*Capsicum annum* L.) by regulating stress ethylene synthesis with halotolerant bacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase activity. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 49, n. 4, p. 427-434, 2011.

SILVA, L. D. A.; BRITO, M. E.; SÁ, F. V. D. S.; MOREIRA, R. C.; SOARES FILHO, W. D. S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 1-7, 2014b.

SILVA, M. A.; SOARES, R. A. B.; LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P. Agronomic performance os sugarcane families in response to water stress. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 656-661, 2008.

SILVA, M. A.; JIFON, J. L.; SHARMA, V.; DA SILVA, J. A.; CAPUTO, M. M.; DAMAJ, M. B.; FERRO, M. I. Use of physiological parameters in screening drought tolerance in sugarcane genotypes. **Sugar Tech**, New Delhi, v.13, n. 3, p.191-197, 2011.

SILVA, M.A.; JIFON, J. L.; DA SILVA, J. A. G.; DOS SANTOS, C. M.; SHARMA, V. Relationships between physiological traits and productivity of sugarcane in response to water deficit. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 152, n.1, p. 104-118, 2013.

SILVA, M. A.; SANTOS, C. M.; VITORINO, H. S.; RHEIN, A. F. L. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por

deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 173-181, 2014.

SILVA, M. C. de A. P. da et al. **Impacto da inoculação com cepas da bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* sobre os processos fisiológicos de soja exposta à seca**. 2019. Trabalho de conclusão de curso - Bacharelado em Ciências Biológicas, IF Goiano, Rio Verde. 2019. Disponível em: [https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/716/1/tcc\\_Maria%20Silva\\_Fernanda%20Farnese.pdf](https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/716/1/tcc_Maria%20Silva_Fernanda%20Farnese.pdf). Acesso em: 24 de maio de 2022.

SILVEIRA, A. P. D. Exploitation of new endophytic bacteria and their ability to promote sugarcane growth and nitrogen nutrition. **Antonie van Leeuwenhoek**, Amsterdam, v. 112, n. 2, p. 283-295, 2018.

SIMÕES, W. L.; CALGARO, M.; COELHO, D. S.; SOUZA, M. A. D.; LIMA, J. A. Respostas de variáveis fisiológicas e tecnológicas da cana-de-açúcar a diferentes sistemas de irrigação1. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, p. 11-20, 2015.

SINGH, P. P.; SHIN, Y. C.; PARK, C. S.; CHUNG, Y. R. Biological control of Fusarium wilt of cucumber by chitinolytic bacteria. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 89, n. 1, p. 92-99, 1999.

SIQUEIRA, G. F. **Eficácia da mistura de glifosato a outros maturadores na cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2009.

SMIT, M.A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, South Africa, v. 98, n. 2-3, p. 91-97, 2006.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. D.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.

STRINGLIS, I. A.; YU, K.; FEUSSNER, K.; DE JONGE, R.; VAN BENTUM, S.; VAN VERK, M.; PIETERSE, C. M. MYB72-dependent coumarin exudation shapes root microbiome assembly to promote plant health. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v.115, n. 22, p.5213-5222, 2018.

SUBRAMANIAN, P.; MAGESWARI, A.; KIM, K.; LEE, Y.; SA, T. Psychrotolerant Endophytic Pseudomonas sp. Strains OB155 and OS261 Induced Chilling Resistance in Tomato Plants (*Solanum lycopersicum* Mill.) by Activation of Their Antioxidant Capacity. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, Saint Paul, v. 28, n. 10, p. 1073–1081, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, p. 719, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, p. 918, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TARDIEU, F., ZHANG, J., GOWING, D.J.G. (1993) Stomatal control by [ABA] in the xylem sap and leaf water status: a test of a model for droughted or ABA field-grown maize. **Plant, Cell and Environment**, Chichester, v. 16, n. 4, p. 413-420, 1993.

TEWARI, S.; ARORA, N. K. Transactions among microorganisms and plant in the composite Rhizosphere habitat. In: Naveen KA (ed) **Plant microbe symbiosis: fundamentals and advances**. Springer, New Delhi, p. 1–50, 2013.

TIWARI, S.; PRASAD, V.; CHAUHAN, P. S.; LATA, C. *Bacillus amyloliquefaciens* confers tolerance to various abiotic stresses and modulates plant response to phytohormones through osmoprotection and gene expression regulation in Rice. **Frontiers in Plant Science**, Lucknow, v. 8, p. 327-347, Ago, 2017.

UFSCAR - Universidade Federal de São Carlos. Departamento de Biotecnologia Vegetal. Programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar. **Variedades RB de cana-de-açúcar**. 1 ed. Araras: CCA/UFSCar, p. 30, 2008.

VAN DILLEWJIN, C. Botany of sugarcane. **Chronica Botanica**, Waltham, p. 371, 1952.

VAN LOON, L.C. Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. In: **New perspectives and approaches in plant growth-promoting Rhizobacteria research**. Springer, Dordrecht, 2007. p. 243-254.

VARDHARAJULA, S.; ZULFIKAR ALI, S.; GROVER, M.; REDDY, G.; BANDI, V. Drought-tolerant plant growth promoting *Bacillus* spp.: Effect on growth osmolytes, and antioxidant status of maize under drought stress. **Journal of Plant Interactions**, Oxfordshire, v. 6, n. 1, p. 1-14, 2011.

VIOLANTE, M. H. S. R. **Potencial de produção de cana-energia em áreas agrícolas marginais no Brasil**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas (FGV/EESP), São Paulo, 2012.

VURUKONDA, S. S. K. P.; VARDHARAJULA, S.; SHRIVASTAVA, M.; SKZ, A. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growthpromoting rhizobacteria. **Microbiological Research**. Muenchen, v. 184, p. 13-24, Dec, 2015.

WALDRON, J. C.; GLASZIOU, K. T.; BULL, T. A. The physiology of sugar cane.IX. Factors affecting photosynthesis and sugar storage. **Australian Journal of Biological Sciences**, Lismore, v. 20, n. 6, p. 1043-52, 1967.

WEI, C. Y.; LIN, L.; LUO, L. J.; XING, Y. X.; HU, C. J.; YANG, L. T.; AN, Q. Endophytic nitrogen-fixing *Klebsiella variicola* strain DX120E promotes sugarcane growth. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v.50, n. 4, p.657–666, 2014.

YANG, D.; CHEN, D.; WANG, P.; JIANG, D.; XU, H.; PANG, X.; LI, K. Aluminium-inhibited NO<sub>3</sub>-uptake is related to Al-increased H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>content and Al-decreased plasma membrane ATPase activity in the root tips of Al-sensitive black soybean. **Functional Plant Biology**, Clayton, v. 44, n. 2, p. 198–207, 2017.

YOSHIBA, Y.; KIYOSUE, T.; NAKASHIMA, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; SHINOZAKI, K. Regulation of levels of proline as an osmolyte in plants under water stress. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v. 38, n. 10, p. 1095-1102, 1997.